

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
28. Dezember 2000 (28.12.2000)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 00/79615 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: H01L 41/083

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/01929

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. Juni 2000 (19.06.2000)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
199 28 177.7 19. Juni 1999 (19.06.1999) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02
20, D-70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHMOLL,
Klaus-Peter [DE/DE]; Richard-Wagner-Strasse 3,
D-74251 Lehensteinsfeld (DE). BOECKING, Friedrich
[DE/DE]; Kahlhieb 34, D-70499 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): CN, HU, JP, KR, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE).

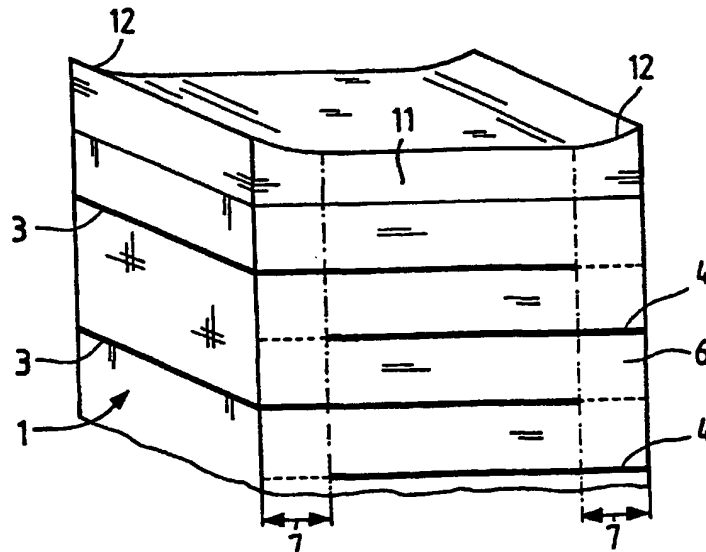
Veröffentlicht:

- Mit internationalem Recherchenbericht.
- Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen
eintreffen.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PIEZO-ACTUATOR

(54) Bezeichnung: PIEZOAKTOR



(57) Abstract: The invention relates to a piezo-actuator, for example, for actuating a mechanical component. The inventive piezo-actuator is provided with a multilayer structure of piezo-layers (2) and electrodes (3, 4) arranged therebetween. In the instance of a mutual lateral contacting (5, 6) of the electrodes (3, 4), a neutral phase (7) without an electrode layer is provided, in which fissuring can occur and can be prevented by shaping the multilayer structure thus enabling an increased mechanical stress to be applied in the area of the neutral phases (7) when the piezo-actuator (1) is mounted in a manner that is perpendicular to the layer structure.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 00/79615 A1



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils vorgeschlagen, bei dem ein Mehrschichtaufbau von Piezolagen (2) und dazwischen angeordneten Elektroden (3, 4) angeordnet ist. Bei einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung (5, 6) der Elektroden (3, 4) ist eine neutrale Phase (7) ohne Elektrodenschicht vorhanden, in der Rissbildungen entstehen können, die durch eine Formgebung des Mehrschichtaufbaus verhindert werden können, über die eine erhöhte mechanische Spannung, bei einer Einspannung des Piezoaktors (1) senkrecht zum Lagenaufbau, im Bereich der neutralen Phasen (7) aufbringbar ist.

Piezoaktor

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft einen Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen, nach den gattungsgemäßen Merkmalen des Hauptanspruchs.

Es ist allgemein bekannt, dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts ein Piezoelement aus einem Material mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut werden kann. Bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung erfolgt eine mechanische Reaktion des Piezoelements, die in Abhängigkeit von der Kristallstruktur und der Anlagebereiche der elektrischen Spannung einen Druck oder Zug in eine vorgebbare Richtung darstellt. Der Aufbau dieses Piezoaktors kann hier in mehreren Schichten erfolgen

(Multilayer-Aktoren), wobei die Elektroden, über die die elektrische Spannung aufgebracht wird, jeweils zwischen den Schichten angeordnet werden. Beim Betrieb des Piezoaktors ist darauf zu achten, dass durch mechanische Spannungen im Lagenaufbau keine störenden Rissbildungen entstehen.

Vorteile der Erfindung

Der eingangs beschriebene Piezoaktor, der beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils verwendbar sein kann, ist in vorteilhafter Weise mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen und dazwischen angeordneten Elektroden aufgebaut. Bei einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Elektroden entsteht im Bereich zwischen zwei Piezolagen jeweils eine neutrale Phase. Da die jeweils an einer Seite kontaktierten Elektroden kammartig in den Lagenaufbau integriert sind, müssen die in Richtung des Lagenaufbaus aufeinanderfolgenden Elektroden jeweils abwechseln an gegenüberliegenden Seiten kontaktiert werden.

Die an einer Seite kontaktierten Elektroden können dabei nicht vollständig bis an die gegenüberliegende Seite geführt werden, da sonst Spannungsüberschläge zur Zerstörung des Piezoaktors führen können. Bei einer Betätigung des Piezoaktors, d.h. bei Anlage einer Spannung zwischen den im Lagenaufbau gegenüberliegenden Elektroden treten unterschiedliche mechanische Kräfte im Bereich der Elektroden sowie in den nichtkontaktierten neutralen Phasen auf, die zu mechanischen Spannungen und Rissbildungen im Piezoaktor führen können.

In vorteilhafter Weise wird erfindungsgemäß bei einer Einspannung des Piezoaktors senkrecht zum Lagenaufbau mit

einer Formgebung des Mehrschichtaufbaus gezielt eine erhöhte mechanische Spannung im Bereich der neutralen Phasen zur Verhinderung der Rissbildung aufgebracht.

Bei einer ersten vorteilhaften Ausführungsform ist mindestens eine äußere Deckschicht des Mehrschichtaufbaus an der äußeren Endfläche so gestaltet, dass diese im Bereich der neutralen Phasen eine Verdickung aufweist und so hier gezielt eine erhöhte Vorspannkraft aufgebracht werden kann. Die Verdickung kann auf einfache Weise beispielsweise durch Schleifen der Deckschicht gebildet werden.

Bei einer anderen vorteilhaften Ausführungsform wird zwischen den Lagen des Mehrschichtaufbaus eine Isolationschicht angeordnet, die im Bereich der neutralen Phasen jeweils eine Verdickung aufweist und so in vergleichbarer Weise wie beim ersten Ausführungsbeispiel wirkt.

Eine weitere Ausführungsform weist in vorteilhafter Weise besonders gestaltete Elektroden im Mehrschichtaufbau auf, die ebenfalls im Bereich der neutralen Phase jeweils eine Verdickung aufweisen, wobei hinsichtlich der verschiedenen zuvor genannten Ausführungsformen auch einige oder alle Merkmale miteinander kombiniert sind.

Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei der Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

Zeichnung

Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Piezoaktors werden anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 einen Schnitt durch einen Piezoaktor mit einem Mehrschichtaufbau von Lagen aus Piezokeramik und Elektroden;

Figur 2 einen Detailschnitt durch den Lagenaufbau im Bereich von neutralen Phasen ohne Anlage einer elektrischen Spannung;

Figur 3 einen Detailschnitt durch den Lagenaufbau im Bereich von neutralen Phasen mit Anlage einer elektrischen Spannung;

Figur 4 ein erstes Ausführungsbeispiel eines Piezoaktors, bei dem eine äußere Deckschicht im Bereich der neutralen Phasen an den Seitenflächen Verdickungen aufweist;

Figur 5 ein zweites Ausführungsbeispiel eines Piezoaktors, bei dem eine äußere Deckschicht im Bereich der neutralen Phasen an den gegenüberliegenden Ecken Verdickungen aufweist;

Figur 6 ein drittes Ausführungsbeispiel eines Piezoaktors, bei dem die Elektroden im Bereich der neutralen Phasen Verdickungen aufweist und

Figur 7 ein viertes Ausführungsbeispiel eines Piezoaktors, bei jeweils eine Isolationsschicht zwischen den Lagen angebracht ist, die im Bereich der neutralen Phasen an den Seitenflächen Verdickungen aufweist.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 ist ein Piezoaktor 1 gezeigt, der in an sich bekannter Weise aus Piezofolien 2 eines Quarzmaterials mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut ist, so dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung an Elektroden 3 und 4 über Kontaktflächen 5 und 6 eine mechanische Reaktion des Piezoaktors 1 erfolgt.

Aus Figur 2 ist ein Bereich des Piezoaktors 1 vergrößert dargestellt, der die Elektroden 3 und 4 zeigt, wobei hier auch die Kontaktierung der Elektroden 4 mit der Kontaktfläche 6 zu erkennen ist. Da die Elektroden 3 aufgrund der anderen Polarität einen Abstand zu dieser Kontaktfläche 6 einhalten müssen sind hier neutrale Phasen gebildet, die anhand der neutralen Phase 7 beispielhaft dargestellt sind. Aufgrund des somit räumlich unterschiedlichen Auftretens des Piezoeffekts entstehen mechanische Spannungen in der neutralen Phase 7, die zu einer Materialbeeinträchtigung führen, die mit der gewellten Linie 8 schematisch angedeutet ist.

Nach Figur 3 ist der Bereich aus der Figur 2 mit einer angelegten elektrischen Spannung gezeigt, wobei die dadurch hervorgerufene mechanische Reaktion des Piezoaktors mit Pfeilen 9 und 10 verdeutlicht ist. Hierbei ist erkennbar, dass im Bereich der neutralen Phase 7 eine geringere Ausdehnung in Richtung der Pfeile 9 und daher eine Kraftwirkung in Richtung des Pfeiles 10 bewirkt wird, die zu Rissbildung im Bereich 8 der neutralen Phase führt.

Ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand Figur 4 erläutert, bei dem eine äußere Deckschicht 11 auf dem Mehrschichtaufbau angeordnet ist, die im Bereich der neutralen Phase 7 mit einer Verdickung 12 versehen ist,

welche im äußeren Maximum eine Größenordnung von 2 bis 8 μm erreichen kann. Mit dieser Verdickung 12 kann beim Einspannen des Piezoaktors 1 eine Vorspannung im Bereich der neutralen Phasen 7 aufgebracht werden, die die Rissbildung im Bereich 8 der Elektroden 3 und 4 verhindert (siehe Fig. 3).

Aus Figur 5 ist ein zweites Ausführungsbeispiel zu entnehmen, das eine äußere Deckschicht 11 mit Verdickungen 13 zeigt, die an gegenüberliegenden Ecken des Piezoaktors 1 angeordnet sind. Die neutralen Phasen 7 sind hier ebenfalls an den Ecken ausgebildet, da bei diesem Ausführungsbeispiel die Kontaktierung der Elektroden 3 und 4 über eine an den Ecken angebrachte Kontaktfläche 14 und eine nicht sichtbare diagonal gegenüberliegenden Kontaktfläche erfolgt.

Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 6 wird eine Verdickung im Bereich der neutralen Phase 7 durch eine lokale Verdickung der Elektroden 3 und 4 ausschließlich im Bereich der neutralen Phasen 7 bewirkt.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel nach Figur 7 zeigt einen Piezoaktor 1, bei dem im Bereich der neutralen Phase 7 eine hier extra verdickte Isolationsschicht 15 zwischen den Piezolagen 2 eingebracht ist, um auch hier beim Einspannen des Piezoaktors 1 eine Vorspannung aufzubringen, die eine Rissbildung zu verhindert.

Patentansprüche

1) Piezoaktor, mit

- einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen (2) und dazwischen angeordneten Elektroden (3,4),
- einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung (5,6) der Elektroden (3,4), wobei im Bereich zwischen zwei Piezolagen, der eine an der jeweils gegenüberliegenden Seite kontaktierte Elektrode (3,4) aufweist eine neutrale Phase (7) ohne Elektrodenschicht vorhanden ist und mit
- einer Formgebung des Mehrschichtaufbaus über die eine erhöhte mechanische Spannung, bei einer Einspannung des Piezoaktors (1) senkrecht zum Lagenaufbau, im Bereich der neutralen Phasen (7) aufbringbar ist.

2) Piezoaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- mindestens eine äußere Deckschicht (11) des Mehrschichtaufbaus an der äußeren Endfläche so gestaltet

ist, dass diese im Bereich der neutralen Phasen (7) eine Verdickung (12;13) aufweist.

3) Piezoaktor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Verdickung (12) an gegenüberliegenden Seiten der Deckschicht (11), entsprechend der Anordnung der neutralen Phasen (7), angeordnet ist.

4) Piezoaktor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Verdickung (13) an diagonal gegenüberliegenden Ecken der Deckschicht (11) entsprechend der Anordnung der neutralen Phasen (7) angeordnet ist.

5) Piezoaktor nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Verdickung durch Schleifen der Deckschicht gebildet ist.

6) Piezoaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- zwischen (einigen oder allen ?) Lagen des Mehrschichtaufbaus eine Isolationsschicht (15) angeordnet ist, die im Bereich der neutralen Phasen (7) jeweils eine Verdickung aufweist.

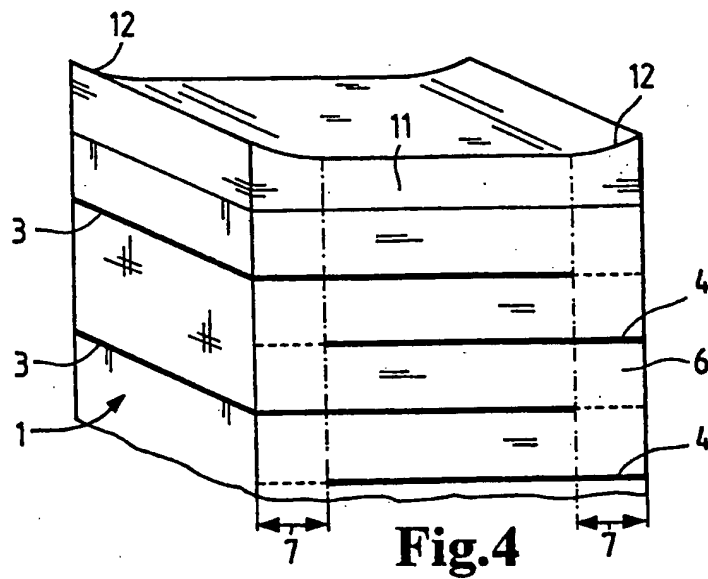
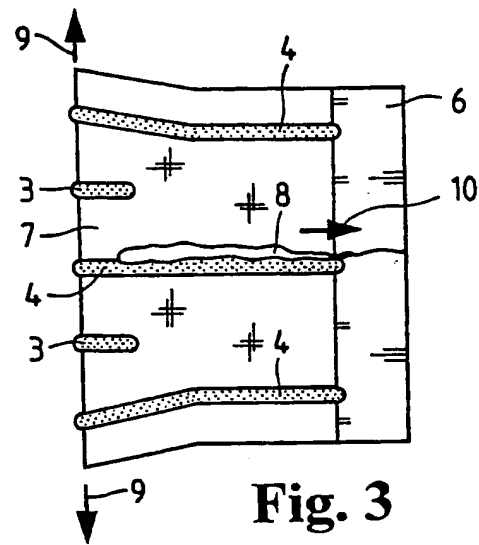
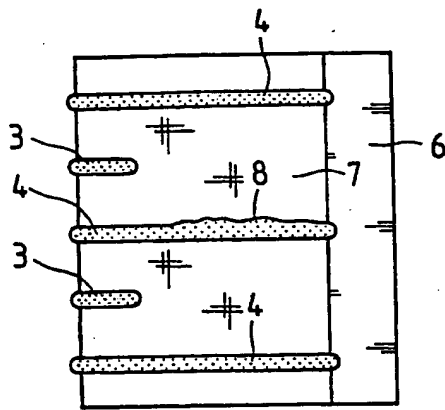
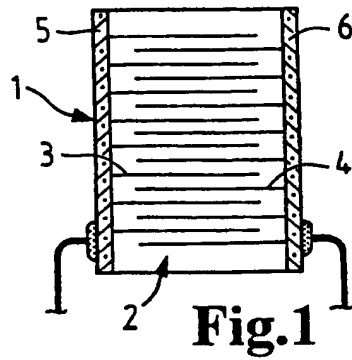
7) Piezoaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Elektroden (3,4) des Mehrschichtaufbaus im Bereich der neutralen Phase (7) jeweils eine Verdickung aufweisen.

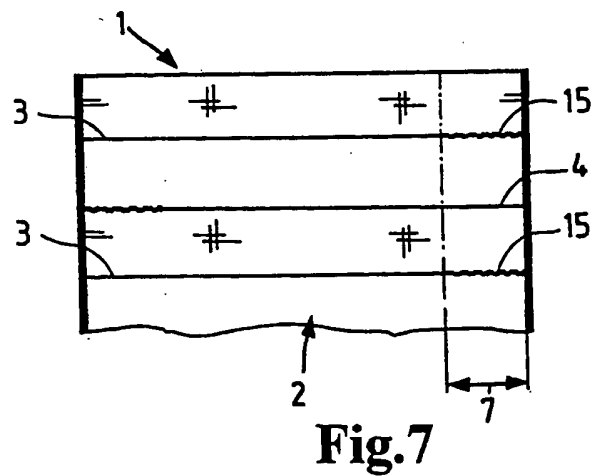
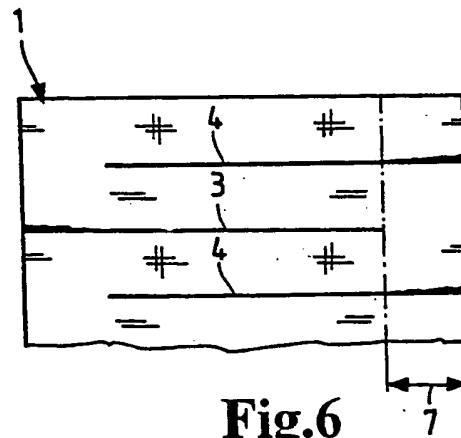
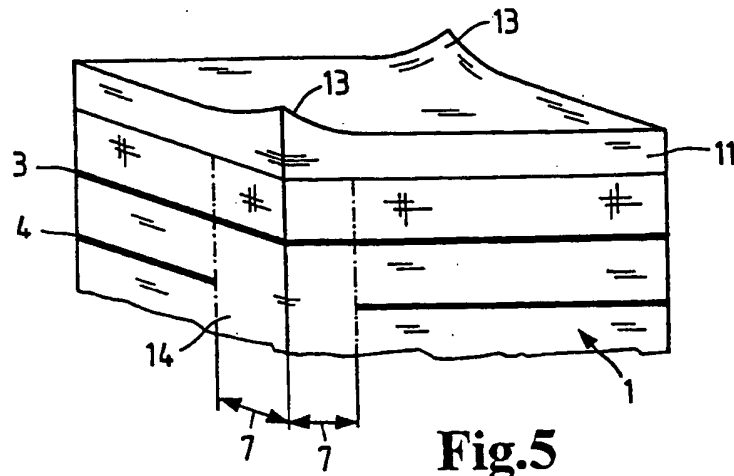
8) Piezoaktor nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass

- einige oder alle Merkmale dieser Ansprüche miteinander kombiniert sind.

1 / 2



2 / 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 00/01929

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01L41/083

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| A | US 5 266 862 A (OHYA KAZUMASA) 30 November 1993 (1993-11-30) column 2, line 3-21; figure 3 | 1 |
| A | EP 0 479 328 A (NIPPON ELECTRIC CO) 8 April 1992 (1992-04-08) abstract; figure 8 | 1 |

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 October 2000

Date of mailing of the international search report

07/11/2000

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3018

Authorized officer

Pelsers, L

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/01929

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| US 5266862 A | 30-11-1993 | JP 4159785 A | 02-06-1992 |
| EP 0479328 A | 08-04-1992 | DE 69109990 D | 29-06-1995 |
| | | DE 69109990 T | 12-10-1995 |
| | | JP 4214686 A | 05-08-1992 |
| | | US 5237239 A | 17-08-1993 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 00/01929

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01L41/083

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| A | US 5 266 862 A (OHYA KAZUMASA) 30. November 1993 (1993-11-30) Spalte 2, Zeile 3-21; Abbildung 3 | 1 |
| A | EP 0 479 328 A (NIPPON ELECTRIC CO) 8. April 1992 (1992-04-08) Zusammenfassung; Abbildung 8 | 1 |

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindnerischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindnerischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

A Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

30. Oktober 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

07/11/2000

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Pelsers, L

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/01929

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 5266862 A | 30-11-1993 | JP 4159785 A | 02-06-1992 |
| EP 0479328 A | 08-04-1992 | DE 69109990 D | 29-06-1995 |
| | | DE 69109990 T | 12-10-1995 |
| | | JP 4214686 A | 05-08-1992 |
| | | US 5237239 A | 17-08-1993 |